

VŠB - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

Hornicko-geologická fakulta

Institut ekonomiky a systémů řízení

Obnovitelné zdroje energií ČR – vodní elektrárny
Renewable Resources of Energy in Czech Republic –
Hydroelectric Power Station

bakalářská práce

Autor :

Nikola Mikulová

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Oldřich Vlach, Ph.D.

Datum odevzdání:

30.4.2008

Ostrava 2009

Prohlášení

- Celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.
- Byla jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce

Ing. Oldřichu Vlachovi, Ph.D. za vstřícnost, trpělivost, velmi cenné postřehy a důležitou pomoc při konzultacích této práce.

Dále bych chtěla moc poděkovat panu Zbyňku Mrózkovi, za ochotu a poskytnutí interních údajů, potřebných pro ekonomické zhodnocení MVE Třinec, jenž je uvedeno v této práci.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

Tato bakalářská práce je zaměřena na výrobu elektrické energie vodními elektrárnami.

První část práce je zaměřena na samotnou výrobu elektrické energie, popis charakteristických částí vodní elektrárny, včetně vodních turbín. Další část se zabývá jednotlivými druhy vodních elektráren a jejich stručným rozdělením a popisem. V práci je uveden přehled provozovaných vodních elektráren na území České republiky a jejich stručná charakteristika.

Další kapitola je zaměřena na vyhodnocení výroby el. energie z hlediska provozních, investičních nákladů a ekonomické zhodnocení. Pátá kapitola je věnována legislativním opatřením a ekonomice. Neméně důležitá je část, jenž popisuje ekologické aspekty vodních elektráren a jejich dopad na životní prostředí. Poslední kapitola je věnována využitelnému potenciálu VE v České republice.

Klíčová slova:

Vodní energie, vodní elektrárna, elektřina z vodní energie, investiční náklady, obnovitelné zdroje, provozní náklady, ekonomické hodnocení

SUMMARY

This bachelor thesis is focused on the generation of electricity by water power plants. The first part of this work is aimed at the generation of electricity, a description of characteristic parts of hydro power plants, including water turbines.

Following part talks about various types of water power plants and their brief classification and description. The work gives an overview of operating water plants in the Czech Republic and their characteristics. Next chapter is focused on the evaluation of the production of electric energy regarding to operating, investment cost and economic evaluation. The fifth chapter is devoted to the legislative precautions and the economy. Equally important is the part which describes the environmental aspects of water power plants and its impact on environment. The last chapter is devoted to usable potential of hydro power plants in the Czech Republic.

Key words:

Hydro power, water power, electricity from hydropower, the investment cost, renewable resources, operating costs, economic evaluation.

Seznam použitých symbolů a zkratek:

ČEA	Česká energetická agentura
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČR	Česká republika
ČSÚ	Český statistický úřad
ERÚ	Energetický regulační úřad
IEA	International Energy Agency
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
MVE	malá vodní elektrárna
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NT	nízký tarif
OZE	obnovitelný zdroj energie
PVE	přečerpávací vodní elektrárny
VT	vysoký tarif
VVE	velké vodní elektrárny

Vybrané jednotky energie

J	joule, jednotka práce
KJ	kilojoule=1 000 J
GJ	gigajoule = 10^9 J
kWh	kilowatthodina, 1kWh = 3 600 kJ
MW (h)	megawatt(hodina), 1MW(h) = 10^6 W(h)
GW(h)	gigawatt(hodina), 1GW(h) = 10^9 W(h)

OBSAH

1	Úvod	7
2	Výroba elektrické energie vodními elektrárnami.....	8
2.1	Výroba elektrické energie vodními elektrárnami.....	8
2.2	Základní komponenty vodního díla	8
2.3	Přehled vodních turbín	10
2.4	Hlavní parametry hydroenergetického díla	14
3	Provozované a projektované vodní elektrárny v ČR.....	16
3.1	Základní rozdělení vodních elektráren	16
3.2	Malé vodní elektrárny (MVE).....	17
3.3	Akumulační vodní elektrárny.....	18
3.4	Přečerpávací elektrárny	18
3.5	Přehled vodních elektráren v České republice	20
4	Investiční a provozní náklady vodních elektráren.....	22
4.1	Ekonomické zhodnocení vodní elektrárny	23
5	Ekonomika vodních elektráren a legislativní opatření	27
5.1	Ekonomika provozu	27
5.2	Legislativa.....	30
6	Ekologické aspekty	32
7	Využitelný potenciál vodních elektráren v podmínkách ČR	34
8	Závěr	36

1 Úvod

Bakalářská práce charakterizuje postavení vodních elektráren v České republice, zejména z hlediska výroby elektrické energie. Cílem této práce je pak analyzovat současný stav využití vodní energie, charakterizovat jejich možný potenciál v České republice. Zhodnotit ekonomiku výroby vodní energie vodními elektrárnami. Z hlediska nákladů investičních, provozních. A provést ekonomické zhodnocení vybrané vodní elektrárny.

Růst a rozvoj světových ekonomik má za následek rostoucí spotřebu fosilních paliv. Je třeba si ale uvědomit, že zásoby těchto paliv jsou omezené a jednou budou zcela vyčerpány. S klesajícími zásobami fosilních paliv a problémy spojenými s životním prostředím roste potřeba využití obnovitelných zdrojů energie. Tato potřeba je stále naléhavější. Více než dříve se současná společnost vyznačuje závislostí na dodávkách elektřiny. Člověk si již nedokáže představit svůj život bez této energie. Obnovitelné zdroje energie jsou ve své podstatě ekologicky čisté a hlavně nevyčerpatelné. Už jen z těchto dvou hledisek si obnovitelné zdroje energie zaslouží naší pozornost. Položme si dvě jednoduché otázky „Co se stane jestliže zásoby fosilních paliv dojdou? Dokážeme v dnešní moderní a přetechnizované době žít bez elektrické energie?“ Výroba el. energie z obnovitelných zdrojů tuto otázku zcela nevyřeší, ale pomůže alespoň trochu oddálit vyčerpání fosilních paliv. Tato doba musí stačit na nalezení řešení této situace. Odpověď na druhou otázku je jednoduchá „Nedokážeme“. Téměř vše je založeno na elektrické energii. A bez ní si většina společnosti nedokáže představit svůj život.

Podíl výroby elektřiny z OZE se stále zvyšuje, ale ani toto nevyřeší stabilní dodávky el. energie pro celý svět. Proto je nutné hledat nové alternativní zdroje energie a zdokonalovat již stávající energetické zdroje.

V této práci Vás chci seznámit s vodní energií jakožto jedním ze základních druhů OZE. Vodní energii využíval člověk, jako jednu z prvních již ve starověku. S využití této energie v současné době Vás seznámím v této práci.

2 Výroba elektrické energie vodními elektrárnami

2.1 Výroba elektrické energie vodními elektrárnami

Princip:

„Voda přitékající přívodním kanálem roztáčí turbínu, která je na společné hřídeli s generátorem elektrické energie. Dohromady tvoří tzv. turbogenerátor. Mechanická energie proudící vody se tak mění na základě elektromagnetické indukce (v otáčející se smyčce elektrického vodiče v magnetickém poli se indukuje střídavé elektrické napětí) na energii elektrickou; ta se transformuje a odvádí do míst spotřeby.

Výběr turbíny závisí na účelu a podmínkách celého vodního díla (elektrárny včetně vodní nádrže, řečiště či jiného zařízení usměrňujícího proud vody). Nejčastěji se osazují turbíny reakčního typu (Francisova, nebo Kaplanova turbína), a to v bohaté paletě modifikací. V podmínkách řek ČR se nejčastěji používají Kaplanovy turbíny s nastavitelnými lopatkami. Kaplanova turbína je v podstatě reakční přetlakový stroj, který dosahuje několikanásobně vyšší obvodové rychlosti než je rychlost proudění vody. Je vhodná pro velká množství vody a pro menší spády.

Pro vysoké spády (někdy až 500 m) se používá akční Peltonova turbína. Je to rovnotlaký stroj, jehož obvodová rychlost otáčení je nižší než rychlost proudění. Voda vstupuje do turbíny pouze v některých částech jejího obvodu a nezahltí celý obvod – vodu na lopatky tvaru misek přivádějí trysky. V přečerpávacích vodních elektrárnách se používá reverzní Francisova turbína s přestavitelnými lopatkami, která při zpětném chodu funguje jako čerpadlo. V malých vodních elektrárnách se převážně zabydlela malá horizontální turbína Bánkiho spolu s upravenou jednoduchou turbínou Francisovou.“ [4]

2.2 Základní komponenty vodního díla

Přehled zařízení:

Horní a dolní nádrž u průtočných vodních elektráren jsou obě nádrže tvořeny přehradou nebo jezem, které obsahují také regulační propustná zařízení, např. jezová tělesa pro přepouštění velkých vod, ledů a naplavenin.

U akumulčních vodních děl tvoří horní nádrž samostatný objekt, který je propojen s dolní nádrží tlakovým přivaděčem.

U přečerpávacích vodních elektráren je objekt v horní nádrži vtokem do přivaděče při turbínovém provozu, ale také výtokem při čerpadlovém provozu, a obdobně je tomu tak s objektem v dolní nádrži. Horní nádrž je pro tyto PVE charakteristická.

Vtokový a výtokový objekt tvoří většinou součást přehrady či jezu. Bezprostředně navazují na vodní tok. Vyskytují se u každé vodní elektrárny. Prostřednictvím vtokového a výtokového objektu je voda přiváděna či odváděna do přivaděče a následně k turbíně. Tyto objekty obsahují také česle, které slouží pro zabránění vniku těles do přivaděče.

Vzdouvací zařízení slouží ke vzduť vodní hladiny v toku a usměrnění vody do přivaděče.

Hráze obvykle se vyznačují větší výškou vzduť hladiny, větším objemem zadržené vody a také plochou zaplaveného území. Nová výstavba hrází za účelem provozování malých vodních elektráren je z ekologických a ekonomických hledisek většinou neúnosná. Využití stávajících nádrží může být z ekonomického pohledu velmi výhodné.

Jezy mají oproti hrázím nižší výšku vzduť a podstatně menší objem zadržované vody. Náklady na jejich výstavbu rostou s jejich šířkou. U toku větší šířky je nutné využít speciální mechanizace, která navyšuje investice. U nížinných toků je jez většinou nutnou podmínkou pro výstavby MVE.

Přivaděče koncentrují spád do místa instalace vodní turbíny. Úkolem je přivést vodu k turbíně a následně vodu odvést v okamžiku, kdy předá svou energii turbíně. Přivaděče mohou sloužit také k soustředění potřebného spádu.

Beztlakové přivaděče (náhony, kanály) jsou budovány převážně výkopem v terénu. Tlakové přivaděče jsou nejčastěji zhotoveny z oceli, nebo železobetonu. Náklady na jejich výstavbu jsou vyšší než u přivaděčů beztlakových, zejména u toků v horských oblastech. Ekonomicky mohou být výhodnější beztlakové přivaděče pouze při velkém podélném spádu toku, proto se trasy přivaděčů realizují co nejkratší. Často se oba tyto typy přivaděčů kombinují s cílem dosažení maximálního spádu a minimálních nákladů.

Náklady závisí na délce, příčné svažitosti terénu, typu zeminy a s tím souvisejícího druhu opevnění stěn koryta. Proto se doporučuje z hlediska nákladů co nejkratší trasa přivaděče. Mezi nejpoužívanější řešení patří vedení trasy po vrstevnici, které umožní vytvořit potřebný spád

Česle, patří k neodmyslitelné části vtokových objektů. Zabraňují vniku vodou unášených nečistot a naplavenin do turbíny. Zhotovují se jako ocelová mříž. Obvykle se před turbínou umísťují nejméně dvojce česle, jemné a hrubé často doplněné o automatické čištění.

Odpadní kanály navracejí vodu do původního koryta. Často jsou tak krátké, že náročnost a náklady spojené s jejich výstavbou jsou vůči ostatním částem elektrárny téměř bezvýznamné. Pro výstavbu delších kanálů jsou kritéria podobná jako u beztlakových přivaděčů.

Objekt vlastní vodní elektrárny zde patří především strojovna s hydraulickými a elektrickými stoji. Turbína a generátor, které jsou na společné hřídeli. Mezi příslušenství hlavních strojů zahrnujeme např. bezpečností uzávěry, čerpací agregáty, regulátory, kompresory, jeřáby atd. Krom provozní budovy a dílen obsahuje tzv. „Velín“ v němž se nachází veškerá řídící, regulační, měřicí a kontrolní technika. Dále rozvodnu vysokého napětí, další pomocná zařízení, kompresorovnu apod.

Provozní a bezpečnostní zařízení zahrnuje např. čistící stroje na čištění česlic, uzávěry a jejich mechanismy včetně potrubí, zavzdušňovací ventily, šachtu na vyčerpání vody a vyrovnávací komory. Tyto komory se instalují na dlouhé přivaděče, kde slouží ke zlepšení regulačních vlastností. Vyrovnávají prudké rozdíly mezi průtokem vody, který je v přivaděči a průtokem, který je turbína schopna zpracovat.

Speciální objekty a zařízení –které při komplexním řešení díla zahrnují také jalové výpusti s uzávěry, plavební komory a zařízení na splavování dřeva, rybovody. [2,19,20]

2.3 Přehled vodních turbín

Vodní turbína je proudový motor, který přeměňuje kinetickou či tlakovou energii vody na energii mechanickou. Předchůdcem vodní turbíny bylo vodní kolo (známé také jako mlýnské kolo). Spolu s elektrickým generátorem resp. alternátorem, který je spojen s turbínou tvoří hlavní součást vodních elektráren. Generátor převádí mechanickou energii turbíny na energii elektrickou.

V zásadě je možné rozdělit turbíny na dvě kategorie: reakční (přetlakové), které dokáží využít jak kinetickou i tlakovou energii vody. V přetlakových turbínách vstoupí voda do oběžného kola s určitým přetlakem, ten při průtoku turbínou postupně klesá. Výsledný tlak na výstupu je menší než na vstupu. Do druhé kategorie patří turbíny akční (rovnotlakové) které využívají jen kinetickou energii a to při konstantním tlaku. Tlak na vstupu a výstupu je tedy stejný. Dále lze turbíny rozdělit na radiální a axiální.

Zmínka o první turbíně pochází z let 1824-26, kdy francouzský profesor C. Burdin, který sestrojil první přetlakovou turbínu. Důležitým se však stal vynález J.B. Francise,

který sestrojil vynikající přetlakové turbíny vhodné pro širokou škálu vodních spádů a průtoků. Tyto turbíny se používají dodnes.

Peltonova turbína

Tato byla vynalezena Lesterem Allanem Peltonem v roce 1880.

Účinnost u malé turbíny je 80 až 85%, u velké 85 až 95%.

Popis funkce:

Peltonova turbína je tangenciální rovnotlakou turbínou. Voda je přiváděna k turbíně potrubím kruhového průřezu, které vede k jedné, či více dýzám. Dýza je prvek, jenž slouží k omezení průtoků kapalin. Má plynule se měnící průběh, kdy vtoková hrana je zaoblená a výtoková hrana je rovná (ostrá). V dýze se celý spád vody přetransformuje na pohybovou energii. Voda pak proudí tečně na obvod rotoru pomocí trysek. Rozvaděčem je dýza, z níž voda vystupuje kruhovým paprskem a dopadá na lopatky lžičkovitého tvaru. Každá z lopatek se postaví proti směru proudu vody. Tímto principem dochází k otáčení lopatek oběžného kola. Výsledný efekt vzniklých sil je pohyb rotoru turbíny. Tato turbína je nejeefektivnější v případě vysokého tlaku přírodní vody. Průtok vody - a tím i výkon turbíny se reguluje změnou výtokového průřezu dýzy zasouváním regulační jehly. V případě rychlého regulačního zásahu, vedoucího k snížení výkonu turbíny, se používá odklonění vodního paprsku.

Použití:

Peltonovy turbíny se používají pro vysoký spád vody a malý průtok. Jsou vyráběny ve všech možných velikostech. Pro použití v energetice se používá vertikální uložení a výkon až 200 MW. Nejmenší turbíny jsou veliké několik desítek centimetrů a používají se pro malé vodní elektrárny s velkým spádem. Rozsah použití je od 15 m až po 1800 m. Využitelné průtoky jsou již od 0,001 m³/s. [1]

Francisova turbína

Jedná se o přetlakovou turbínu, vyvinutou v roce 1848 Jamesem B. Francisem. Již v této době dosahovala Francisova turbína efektivnosti 90 %. Tato turbína se dělí na dvě varianty podle uložení hřídele a to na vertikální a horizontální. Tyto turbíny patřily v minulosti a i nadále patří mezi nejpoužívanější vodní turbíny pro širokou oblast průtoků a spádů.

Používají se pro produkci elektrické energie prostřednictvím alternátorů. Časté je jejich použití u přečerpávacích elektráren.

Popis funkce:

Francisova turbína je přetlaková turbína, což znamená, že pracovní kapalina během své cesty mění tlak. Vlastní turbína je umístěna na dně turbínové kašny, která je naplněna vodou. Hřídel turbíny vede svisle vzhůru do strojovny, ta by měla být situována dostatečně vysoko nad spodní hladinou z hlediska zatopení. Po celém obvodu turbínové kašny jsou umístěny rozváděcí lopatky, které jsou regulovatelné. Voda pomocí lopatek, při průtoku kašnou získává rychlost potřebnou pro vstup do oběžného kola. Tyto lopatky zároveň směřují tok vody na rotor. Jak voda prochází rotorem, její rotační rychlost se zmenšuje a tím zároveň odevzdává energii rotoru. Po výtoku z oběžného kola je voda dále odváděna do odpadního kanálu.

Tento efekt s působením samotného tlaku vody přispívá k efektivitě turbíny.

Použití: Francisovy turbíny se používají se pro střední a větší průtoky a spády. Jsou časté zejména u přečerpávacích elektráren. Například největší evropská přečerpávací vodní elektrárna Dlouhé Stráně používá dvě Francisovy turbíny o výkonu 325 MW. [19]

Kaplanova turbína

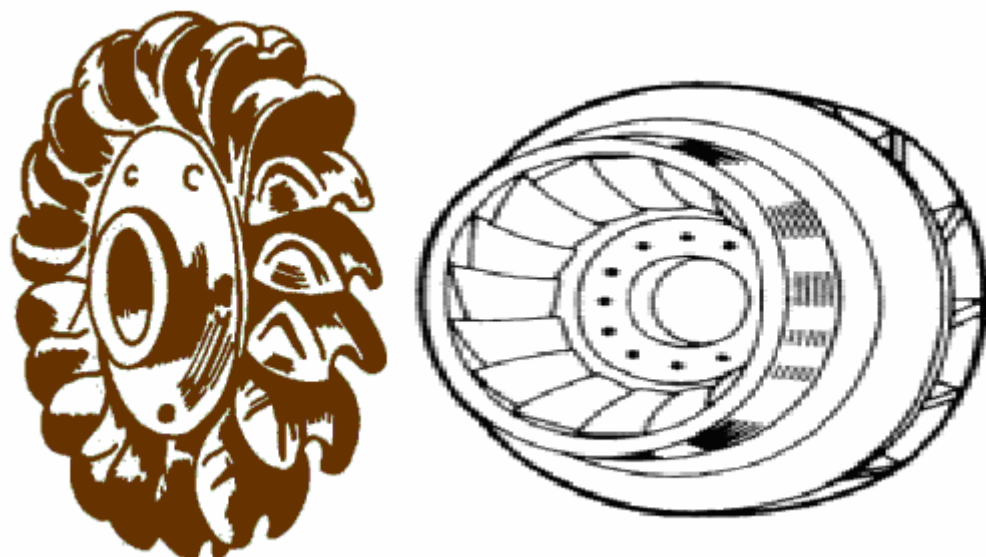
Turbínu vynalezl profesor brněnské techniky Viktor Kaplan. Od svého předchůdce, Francisovy turbíny, se liší menším počtem lopatek, tvarem oběžného kola. A především možností regulace.

Kaplanova turbína je přetlaková axiální turbína s velmi dobrou možností regulace. Má dva typy regulace jedná se o náklon lopatek u oběžného a dále u rozváděcího kola. Obě tyto regulace jsou vzájemně propojeny regulační vazbou. Těchto regulací se využívá především v místech, kde není možné zajistit stálý průtok, nebo spád. Používá se pro spády od 1 do hranice 100 m a průtoky 0,15 až několik desítek m³/s. V případě vodní elektrárny Orlík spád činí 70,5 m i zde je použita Kaplanova turbína. Obecně se dá říct, že se používá spíše na malých spádech při velkých průtocích, které nejsou konstantní. V závislosti na rozdílu hladin může být instalována buď se svislou nebo s vodorovnou osou otáčení.

Výhodou této turbíny je malá stavební výška, možnost instalace do malých strojoven u jezových a říčních elektráren

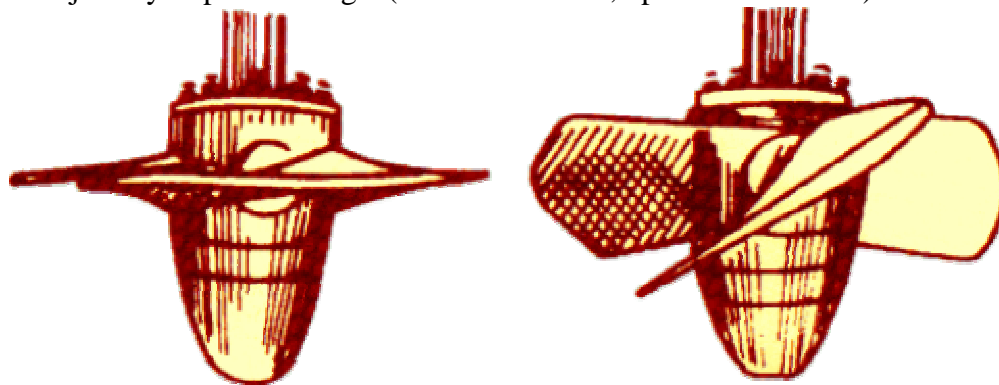
Nevýhodou je značná mechanická náročnost a od toho se odvíjející vysoká cena a vyšší náklady na údržbu.

Proto má význam tento typ turbíny instalovat pouze na lokality, kde je to jejich hydrologickým charakterem skutečně opodstatněné. Tj. ustálené průtokové a spádové poměry a těchto lokalit není mnoho. Schémata turbín jsou uvedena v příloze 5. [19]



Obrázek 1: Oběžné kolo turbíny

Zdroj: Encyklopedie Energie (vlevo Petlonova, vpravo Francisova)



Obrázek 2: Oběžné kolo Kaplanovy turbíny

Zdroj: Encyklopedie Energie (vlevo uzavřené, vpravo otevřené)

2.4 Hlavní parametry hydroenergetického díla

Spád

Spádem rozumíme výškový rozdíl hladin. V praxi rozlišujeme dva druhy spádů:

Hrubý spád H_b (brutto): je to celkový spád daný rozdílem horní hladiny a hladiny bezprostředně pod vodním dílem při nulovém průtoku vodní elektrárnou. Spád můžeme stanovit nivelací, tj. určení rozdílů kót hladiny, pomocí nivelačního přístroje. Pro relativně přesný odhad postačí lat' rozdělená na centimetry a vodováha.

Užitný spád H (čistý): určíme tak, že od hrubého spádu odečteme hydraulické ztráty, které vznikají těsně před turbínou v přivaděči a za turbínou v odpadním kanále. Vznikat mohou v důsledku poklesu horní hladiny, vzduší spodní hladiny dále změnou směru toku. Popř. objemovými ztrátami jenž mohou nastat u česlí, v přivaděči nebo v potrubí např. zanesení naplavenin. Takto získáme užitný spád pro turbínu.

Průtok

Je objem vody, který proteče daným profilem vodního toku za jednotku času. Přesný průtok lze zjistit u Českého hydrometeorologického úřadu, nebo u správy příslušného toku. Jako tzv. dlouhodobý průměrný průtok Q_a , N-leté průtoky a M-denní průtoky.

Pro využití vodní energie jsou důležité M-denní průtoky. Ty udávají zaručený průtok v daném profilu vodního toku po určitý počet dnů. Data se uvádějí po 30 dnech.

Odtoková křivka (závislost) udává průtok zaručený v daném toku po určitý počet dní. Vodní elektrárny se obvykle dimenzují na množství 90-ti až 180-ti denní. S průtokem dosahujícím Q_{90} můžeme počítat po 90 % dní v roce tj. cca. 329 dní.

Průtok turbínou: je celkové množství vody, jenž proteče turbínou za 1 sekundu.

Hltnost turbíny: maximální průtok turbínou při určitém spádu. Udává se v (m^3/s).

Účinnost turbíny η_T je poměr skutečného výkonu turbíny P (měřeného na hřídeli) k teoretickému výkonu turbíny [2]

$$\eta_T = P / P_0$$

Výkon elektrárny

výkon je množství práce vykonané za jednotku času

$$P = \rho * g * Q * H * \eta_T * \eta_G \quad [W]$$

ρ – měrná hmotnost vody ($1\,000\,kg/m^3$)

g – tíhové zrychlení ($9,81 \text{ m/s}^2$)

Q – průtok vodní turbínou (m^3/s)

H – čistý spád (m)

η_T – účinnost turbíny

η_G – účinnost generátoru

Skutečný výkon vodního zdroje je vždy menší, vlivem ztrát.

Výroba elektřiny ve vodní elektrárně

$$E = P * T \text{ [kWh]}$$

E – je množství vyrobené energie během roku [kWh]

P – výkon [kW]

T – počet provozních hodin během roku [h]

Celková účinnost vodního díla

$$\eta_C = \frac{P_C}{P_H} = \eta_T * \eta_G = \frac{P_T}{P_H} * \frac{P_G}{P_T}$$

P_C – celkový výkon elektrárny

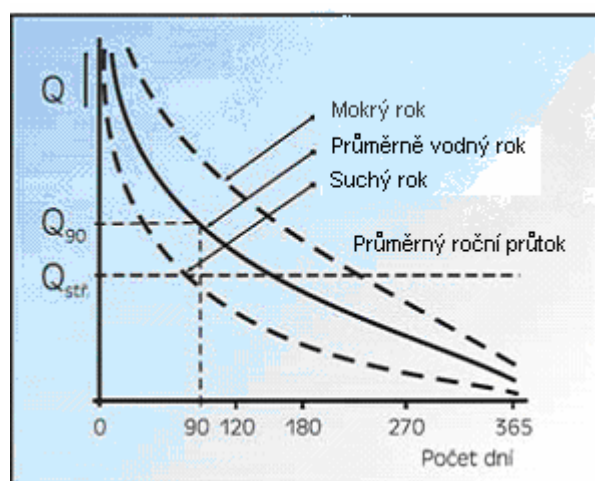
P_H – hydraulický výkon $P_H = m * H * g \text{ [W]}$

η_T – účinnost turbíny

η_g – účinnost generátoru

P_T – výkon turbíny $P_T = g * Q * H * \eta_T$

P_G – výkon generátoru [2]



Obrázek 3: Roční odtoková závislost

Zdroj: Ekowatt

3 Provozované a projektované vodní elektrárny v ČR

3.1 Základní rozdělení vodních elektráren

Podle spádu:

- nízkotlaké (do 20 m)
- středotlaké (20 - 100 m)
- vysokotlaké (od 100 m)

Dle nakládání s vodou:

- průtokové
- akumulční
- přečerpávací

Vodní elektrárny můžeme dělit podle různých kritérií, např.:

1. Instalovaný výkon

a) velké vodní elektrárny nad 200 MW

b) střední vodní elektrárny od 10 MW do 200 MW

c) malé vodní elektrárny do 10 MW

- průmyslové nad 1 MW
- minielektrárny (drobné elektrárny) do 1 MW
- mikrozdroje do 100 kW)
- domácí do 35 kW

2. Hospodaření s vodou

- **Průtočné** (průběžné) díla: jsou v přímém kontaktu s vodním tokem, pracují bez akumulace vody, zpravidla jsou budována u jezu. Její výkon závisí na průtokových poměrech toku.
- **Akumulační** (přehradní): přirozeně nebo uměle akumulují vodu v přehradě, odběr vody podle potřeby elektrárny, využívají vodní nádrž pro špičkový (přerušovaný) provoz
- **Přečerpávací vodní elektrárna (PVE)**

Akumuluje levnou noční energii z tepelných a zejména jaderných elektráren zpětnou transformací na energii potenciální, energii špičkovou. Pracuje mezi horní nádrží vybudovanou na kopci a akumulční nádrží umístěnou v údolí.

Podle jiných kritérií dělíme vodní elektrárny na:

Derivační: elektrárny jsou umístěné na uměle vytvořeném kanálu, přitom využívají přirozených průtoků bez významnější možnosti akumulace vody. Použité vzdouvací zařízení umožňuje svedení vody do derivačního přivaděče, který je prostředkem soustředění energie vody.

- **Přehradní:** využívají vzdouvacího zařízení, kterým může být vysoký jez, nebo přehradní hráz k vytvoření zvýšené hladiny v horní nádrži. Hladina pod vodním dílem může být snížena prohrábkou koryta. Elektrárna je umístěná v těsné blízkosti vzdouvacího zařízení. Při použití přehrady je možno situovat elektrárnu zcela, nebo částečně v tělese hráze, pod přelivy, nebo jako podpřehradovou pod vzdušnou patou hráze. Tato díla stabilizují průtok říčním korytem a chrání tak před povodněmi. Dále podporují plavební možnosti toku.

- **Přehradně derivační:** díla využívají přehradu jako vzdouvací zařízení k akumulaci průtoku a zvýšení měrné energie získané derivací, která vychází z přehrady. Pracují zpravidla jako regulační špičkové elektrárny,

- **Průběžné vodní elektrárny**

Pracují bez akumulace vody. Zpravidla jsou budovány u jezu.

- **Špičková vodní elektrárna**

Pracuje v době špičkového zatížení jen několik hodin denně. K přerušovanému provozu využívá akumulační nádrž. Vyrovnávací nádrž pod elektrárnou garantuje plynulý průtokový režim. [17,20]

3.2 Malé vodní elektrárny (MVE)

Dle normy ČSN 73-6881- Malé vodní elektrárny. Za malé vodní elektrárny jsou označovány všechny vodní elektrárny s instalovaným výkonem do 10 MW.

Česká republika je svou geografickou polohou přímo předurčena k využití vodní energie v malých vodních elektrárnách. Polohou leží na rozvodí 3 moří a mnoho řek zde pramení. Značná část vodní energie je rozptýlena na malých tocích.

Je velmi žádoucí tuto zatím unikající energii podchytit a energeticky využít.

Technicky využitelný potenciál řek ČR je 3384,6 GWh/rok. Z toho potenciál využitelný pro MVE je 1571 GWh/rok. V procentuálním vyjádření je to 46,4 % celkového potenciálu řek ČR.

Z energetického hlediska je výhodná rozptýlenost MVE. Elektrárny jsou rozptýleny po celé republice, tím se snižují ztráty v rozvodech a dodávky elektrické energie není nutno přenášet daleko. Případný výpadek některé z MVE je z hlediska sítě nevýznamný, oproti výpadku velkého centrálního zdroje.

Většina malých vodních elektráren slouží jako zdroje sezónní. Průtoky toků, na kterých jsou zřizovány, jsou kolísavé a závislé na ročním období. Nároky na stavební úpravy MVE rostou s instalovaným výkonem. [11]

3.3 Akumulační vodní elektrárny

Jsou charakterizovány hrází a jezem, kde je shromážděna velká zásoba vody. Tato vodní díla mají více úloh než pouhou výrobu elektrické energie. Pod hrází stabilizují průtok vody říčním korytem, chrání území před povodněmi a podporují plavební možnosti toku. Nádrže mohou sloužit také jako zdroje pitné či technologické vody. Břehy nádrží lze využít jako rekreační oblasti. Hráze můžeme rozdělit na sypané, nebo klenbové. Sypané hráze vzdorují tlaku vody svou hmotností a objemností. Hráze klenbové proti tlaku vody vzpírá poměrně tenká železobetonová proti proudu vyklenutá skořepina. Hráze velkých vodních děl jsou technicky složité stavby. Jsou protkány spleťtí kontrolních chodeb s množstvím pevných bodů, které jsou nepřetržitě kontrolovány. Hráz je zabezpečena proti přelití spodními výpustěmi a horními přelivovými hranami. Tato zařízení umožňují také průběžně upravovat výšku hladiny. Pod hrází je umístěn bazén tzv. vývařiště, do něhož odchází voda z turbín. Odtékající voda je energeticky bohatá v tomto vývařišti se voda zklidní a dále odchází do řečiště bez dalších škodlivých následků. V jezeře nad hrází bývá vtokový objekt opatřený česleми. Ty zajišťují, aby se do turbíny nedostaly nečistoty a naplaveniny.

Umístění elektráren může být různé. Cílem je co nejlépe využít jak zadrženu vodu tak i její energii. Elektrárny mohou být umístěny přímo do tělesa hráze. Další možnost umístění je hluboko v podzemí. Pokud je elektrárna umístěna v podzemí voda je přiváděna tlakovým potrubím. Záleží na tvaru terénu, výškových a spádových možnostech a na množství vody, která je k dispozici. [10]

3.4 Přečerpávací elektrárny

Elektrickou energii nelze v čistém stavu skladovat. Elektrizací soustava musí v každém okamžiku vyrobit tolik energie, kolik jí celá společnost potřebuje. Spotřeba elektřiny je však kolísavá. A to jak během dne, tak i v obdobích.

Elektrárny však nejsou schopny pohotově a pružně reagovat na kolísavost spotřeby. Takto vznikají ztráty způsobené přebytkem energie. Přecherčovací elektrárny mají za úkol těmto ztrátám zamezit. Tyto elektrárny mohou skladovat již vyrobenou energii.

Jestliže nastane přebytek energie v elektrizační soustavě, elektrárna čerpá vodu z dolní nádrže do nádrže horní. Elektrická energie, která nebyla využita se změní nejprve v energii mechanickou (činností čerpadla) a následně na energii potenciální. Dochází k akumulaci energie.

Během energetické špičky, nebo v době potřeby se vypouští voda z horní nádrže zpět do nádrže dolní. Voda se pomocí tlakového potrubí se přivede k turbíně. Rychlost a tlak vody turbínu roztáčí. Energie roztočené turbíny dále pohání generátor, ten mění mechanickou energii zpět na energii elektrickou.

Elektrárnu zpravidla tvoří soustava dvou vodních nádrží, které mají mezi sebou výškový rozdíl. Tyto nádrže jsou propojeny tlakovým potrubím. V dolní části potrubí je umístěna turbína s elektrickým generátorem. Turbína je konstruována tak, že je schopna pracovat ve dvou režimech. Při čerpání vody do horní nádrže funguje jako čerpadlo. Zatímco při zužitkování horní vody funguje jako turbína.

Princip přecherčovací elektrárny:

„Nad elektrárnou musí být vybudována dostatečně velká zásobní nádrž, do které se v nočních hodinách, kdy je nadbytek elektrického proudu z tepelných, či jaderných elektráren, čerpá voda z řeky nebo níže položené nádrže. Rozdíl hladin obou nádrží je obvykle 500 i více metrů. Jakmile nastane energetická špička, začne se vypouštět voda z horní nádrže a čerpadla, dříve dopravující vodu do horní nádrže, se nyní změní v turbíny a vyrábějí elektrický proud. Takto se zpětně získá 50-60 % vložené energie, některé statistiky uvádějí až 70-75 %.“

Nevýhodou je budování horní zásobní nádrže, což navyšuje investiční náklady. Statistiky uvádějí, že je přecherčovací elektrárna výhodná jen tehdy, je-li její výkon minimálně 1 000 MW. Taková vodní díla se jen obtížně budují a jejich výstavba silně ovlivní životní prostředí v celé oblasti. Výhodou je jejich velmi rychlý rozběh, spuštění turbín a vstup do elektrifikační soustavy s plným výkonem trvá jen několik minut. Elektrický proud vyrobený ve vodních elektrárnách patří mezi nejlevnější náklady. Představuje asi 65 % nákladů na tepelné elektrárny. Další nespornou výhodou je skladování přebytečné energie, kterou vyprodukují tepelné, nebo jaderné elektrárny [10,14]

3.5 Přehled vodních elektráren v České republice

Tabulka 1: Přehled vodních elektráren provozovaných Skupinou ČEZ

Elektrárna	Instalovaný výkon (MW)	Rok uvedení do provozu	Typ turbíny	Spád (m)	Vodní tok
Akumulační a průtočné vodní elektrárny					
Lipno I	120	1959	Francis		Vltava
Orlík	364	1961–1962	Kaplan	70,5	Vltava
Kamýk	40	1961	Kaplan	15,5 - 12	Vltava
Slapy	144	1954–1955	Kaplan	56	Vltava
Štěchovice I	22,5	1943–1944	Kaplan	14,5-20,1	Vltava
Vrané	13,88	1936	Kaplan	8-11	Vltava
Střekov	19,5	1936	Kaplan	3,0 - 8,6	Labe
Malé vodní elektrárny					
Lipno II	1,5	1957	Kaplan	4-10	Vltava
Hněvkovice	9,6	1992	Kaplan	14,8 - 9,3	Vltava
Kořensko I	3,8	1992	Kaplan	6,2	Vltava
Kořensko II	0,98	2000	-	-	Vltava
Želina	0,64	1994	Francis	-	Ohře
Mohelno	1,2; 0,56	1997; 1999	Kaplan a Francis	21,6-35,6	Jihlava
Dlouhé Stráně II	0,16	1996	Francis	-	Divoká Desná
Přelouč	1,75; 2,34	1927; 2005	Francis	3,5	Labe
Spálov	2,4	1926	Kaplan	23.1	Jizera
Hradec Králové I	0,75	1926	Francis	3,9	Labe
Prácheň	9,75	1953	Francis	3,5-8	Chrudimka
Pastviny	3	1938	Francis	27	Divoká Orlice
Obříství	3,36	1995	Kaplan	1,5–3,8	Labe
Les Království	2,12	1923	Francis	-	Labe
Předměřice nad Labem	2,1	1953	Kaplan	7,8	Labe
Pardubice	1,96	1978	Kaplan	3,9	Labe
Spytihněv	2,6	1951	Kaplan	5,8	Morava
Brno Kníničky	3,1	1941	Kaplan	18	Svratka
Brno Komín	0,21	1923	Kaplan	3,2	Svratka
Veselí nad Moravou	0,27	1927	Francis	2,8	Morava
Vydra	6,4	1939	Francis	240	Vydra
Hracholusky	2,55	1964		27	Mže
Čeňkova Pila	0,1	1912	Francis	10	Vydra
Černé jezero I	1,5	1930	Pelton	274	Úhlava
Černé jezero II	0,04	2004	Kaplan	-	Úhlava
Černé jezero III	0,37	2005	Pelton	-	Úhlava
Bukovec	0,63	2007	Kaplan	-	Berounka

Elektrárna	Instalovaný výkon (MW)	Rok uvedení do provozu	Typ turbíny	Spád (m)	Vodní tok
Přečerpávací elektrárny					
Štěchovice II	45	1948, 1996	Francis	209,8-219,5	Vltava
Dalešice	450	1978	Francis	90,7 - 60,5	Jihlava
Dlouhé Stráně I	650	1996	Francis	510,7	Divoká Desná

Zdroj dat: ČEZ

Kompletní přehled MVE provozovaných v České republice je uveden v příloze č. 1. Mapa vodních elektráren je uvedena v příloze č. 2.

Tabulka 2: Trend výroby elektřiny ve vodních elektrárnách

Rok	Počet VE	Instalovaný výkon kW	Hrubá výroba elektřiny MWh	Dodávka do sítě MWh
2003	cca 1330*	1 004 260	1 383 467	1 106 774
2004		1 014 430	2 019 400	1 615 520
2005		1 019 500	2 379 910	2 370 300
2006		1 028 500	2 550 700	2 540 100
2007		1 029 000	2 092 200	2 080 800
Rozdíl 2006-2007		500	-458 500	-459 300
		0,048 %	-17,97 %	-22,07 %

Zdroj: ERÚ

V roce 2007 se vodní elektrárny podílely na hrubé výrobě el.energie z obnovitelných zdrojů 2,4 %. Podíl vodních elektráren na hrubé tuzemské spotřebě elektřiny činil 2,9 %. Meziroční změna je u výroby el. energie vodními elektrárnami -17,97 %. Tento pokles je způsoben horšími hydrologickými podmínkami.

Graf jenž souvisí s touto tabulkou je uveden v příloze č.3.

4 Investiční a provozní náklady vodních elektráren

„Obecné investiční náklady a základní podmínky pro úspěšnou instalaci

1. správná volba lokality (topografické, hydrologické, morfologické, geologické poměry)
2. správná volba dispozičního řešení vodní elektrárny
3. správná volba typu zařízení
4. vlastní spotřeba vyrobené elektrické energie nebo její dodávka do veřejné sítě
5. při využití již stávajících objektů se výrazně sníží investiční náklady
6. zpracování důkladné ekonomické rozvahy, která vychází ze zjištění reálných způsobů vytápění pro daný objekt, spotřeby elektrické energie, investičních a provozních nákladů, návratnosti vložených finančních prostředků
7. v případě prodeje elektrické energie je nutné zažádat Energetický regulační úřad o udělení licence na výrobu prodej elektrické energie. Uzavřít smlouvu o odběru elektrické energie s distribuční společností např. JME, a.s. (SME, a.s., STE, a.s. atd.)“ [13]

Investiční náklady malých vodních elektráren závisí především na spádu hladiny. Obecně platí úměra čím vyšší spád, tím nižší jednotkové náklady. Náklady se pohybují mezi 70-120 miliony Kč na instalovaný výkon 1 MW. Tato cena zahrnuje stavbu a technologii. Poměr rozdělení je přibližně 55% technologie a cca 45% stavba. Tento poměr ovšem závisí na dané lokalitě. Případná stavba derivačních kanálů, nebo tlakových přivaděčů pak celou investici prodraží.

Roční provozní náklady se velmi liší. Rozhodující vliv mají osobní náklady (počet zaměstnanců) a případné nájmy pozemků. Obecná výše ročních provozních nákladů se pohybuje mezi 1-5% investičních pořizovacích nákladů.

Z hlediska ekonomiky malé vodní elektrárny je rozhodující, zda se jedná o renovaci vodní elektrárny, o výstavbu na stávajícím vodním díle, popř. výstavbu nového vodního díla. Výstavba zcela nového vodního díla má investice velmi dlouhou návratnost (více než 15 let). Můžeme ale předpokládat, že nové vodní dílo má i jiné využití, než je výstavba vodní elektrárny. Např. zásobárna pitné, nebo užitkové vody. V tomto případě dochází ke sdílení nákladů spojených s investicí.

Tabulka 3: Přehled měrných nákladů malých vodních elektráren

Typ zdroje Rozsah instalovaného výkonu	Měrné investiční náklady (tis.Kč/kW _{inst})	Měrné výrobní náklady (Kč/kW _h)
rekonstrukce, na stávajícím vodním díle, na vodárně apod.		
1 – 100 kW	20 – 45	1,10 – 1,50
100 – 1000 kW	45 – 60	1,40 – 1,70
1000 – 10 000 kW	60 – 100	1,60 – 2,10
nově budovaná elektrárna		
1 – 100 kW	45 – 65	1,45 – 1,90
100 – 1000 kW	65 – 90	1,60 – 2,10
1000 – 10 000 kW	90 – 150	1,90 – 2,50

Zdroj dat: MPO

4.1 Ekonomické zhodnocení vodní elektrárny

1. Hodnocení investice

Porovnáním sumy příjmů a výdajů, můžeme konstatovat zda investice bude výhodná či nikoliv. Kladná hodnota znamená výhodnou investici. Záporná značí, že investice výhodná nebude.

2. Metoda čisté současné hodnoty

„Čistá současná hodnota je rozdíl mezi současnou hodnotou očekávaných příjmů (cash flow) a náklady na investici.

Vzorec pro výpočet:

t – období 1 až n

$$ČSH = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+k)^t}$$

n – doba životnosti , u MVE 30 let

CF – očekávaná hodnota cash flow v období t

IN – náklady na investici

k – podniková diskontní sazba (%) , pro MVE 7%

Je-li čistá současná hodnota investice kladná, investici můžeme přijmout. Je-li v diskontní míře zahrnuta i riziková premie, pak můžeme investici přijmout i přes její riziko. Je-li čistá současná hodnota rovna 0, bylo docíleno právě požadované výnosnosti (požadovaného zúročení) investovaných peněz. Je-li čistá současná hodnota záporná, investici musíme odmítnout.“ [18]

3. Doba návratnosti investice

Doba návratnosti investice je doba (počet let), za kterou peněžní příjmy z investice vyrovnají počáteční kapitálový výdaj na investici. Za efektivní a přijatelnou investici lze považovat investici, jejíž doba návratnosti je kratší než doba její životnosti či technické využitelnosti.

Prostá doba návratnosti:
$$T_s = \frac{IN}{CF}$$

Výpočet čisté současné hodnoty MVE Třinec

tabulka 4: Základní údaje lokality

Lokalita	Třinec
Vodní tok	Olše
Rok uvedení do provozu	2005
Instalovaný výkon	0,362 MW
Typ turbíny:	Kaplan
Počet turbín	2
Doba životnosti	30 let
Investiční náklady celkem :	15 276 589,03 Kč
z toho:	
Stavba	7 267 917,98 Kč
Pozemek	592 000,00 Kč
Technologie	7 416 941,05 Kč
Roční provozní náklady:	100 000,00 Kč

Zdroj: Účetní uzávěrky společnosti MVE. Třinec a. s.

Tabulka 5: Čistá současná hodnota MVE Třinec

Rok	Příjmy (Kč)	Výdaje (Kč)	HV roční (Kč)	HV načítaný (Kč)	Odúročitel (1+i) ^{-t}	Z * (1+i) ^{-t}	NPV (Kč)
0	0	15 276 859	-15 276 859	-15 276 859	1,0000	-15 276 859	-15 276 859
1	1 227 171	100 000	1 127 171	-14 149 688	0,9346	1 053 431	-14 223 429
2	1 551 288	102 500	1 448 788	-12 700 901	0,8734	1 265 427	-12 958 001
3	1 938 098	105 000	1 833 098	-10 867 803	0,8163	1 496 354	-11 461 647
4	1 455 977	107 500	1 348 477	-9 519 326	0,7629	1 028 746	-10 432 901
5	1 681 533	110 000	1 571 533	-7 947 793	0,7130	1 120 482	-9 312 419
6	1 681 533	112 500	1 569 033	-6 378 759	0,6663	1 045 513	-8 266 906
7	1 681 533	115 000	1 566 533	-4 812 226	0,6227	975 558	-7 291 348
8	1 681 533	117 500	1 564 033	-3 248 193	0,5820	910 282	-6 381 066
9	1 681 533	120 000	1 561 533	-1 686 659	0,5439	849 371	-5 531 696
10	1 681 533	122 500	1 559 033	-127 626	0,5083	792 534	-4 739 162
11	1 681 533	125 000	1 556 533	1 428 907	0,4751	739 498	-3 999 664
12	1 681 533	127 500	1 554 033	2 982 941	0,4440	690 009	-3 309 655
13	1 681 533	130 000	1 551 533	4 534 474	0,4150	643 831	-2 665 824
14	1 681 533	132 500	1 549 033	6 083 507	0,3878	600 742	-2 065 082
15	1 681 533	135 000	1 546 533	7 630 041	0,3624	560 535	-1 504 547
16	1 681 533	137 500	1 544 033	9 174 074	0,3387	523 018	-981 529
17	1 681 533	140 000	1 541 533	10 715 607	0,3166	488 010	-493 520
18	1 681 533	142 500	1 539 033	12 254 641	0,2959	455 344	-38 175
19	1 681 533	145 000	1 536 533	13 791 174	0,2765	424 864	386 689
20	1 681 533	147 500	1 534 033	15 325 208	0,2584	396 423	783 113
21	1 681 533	150 000	1 531 533	16 856 741	0,2415	369 885	1 152 998
22	1 681 533	152 500	1 529 033	18 385 774	0,2257	345 123	1 498 121
23	1 681 533	155 000	1 526 533	19 912 308	0,2109	322 017	1 820 138
24	1 681 533	157 500	1 524 033	21 436 341	0,1971	300 458	2 120 596
25	1 681 533	160 000	1 521 533	22 957 874	0,1842	280 341	2 400 938
26	1 681 533	162 500	1 519 033	24 476 908	0,1722	261 571	2 662 508
27	1 681 533	165 000	1 516 533	25 993 441	0,1609	244 056	2 906 565
28	1 681 533	167 500	1 514 033	27 507 474	0,1504	227 714	3 134 279
29	1 681 533	170 000	1 511 533	29 019 008	0,1406	212 465	3 346 744
30	1 681 533	172 500	1 509 033	30 528 041	0,1314	198 237	3 544 981
Σ	49 892 400	19 364 359	30 528 041				

Zdroj: Účetní uzávěrky společnosti MVE. Třinec a. s.

Výpočty jsou provedeny bez započtení úroků z kapitálu, daně z příjmů. MVE Třinec byla postavena v roce 2005 je pět let osvobozena od daně z příjmů. Dále ve výpočtu nejsou zahrnuty odpisy a pojištění.

Příjmy jsou vypočteny jako součin vyrobeného množství za daný rok v kWh a jednicové ceny elektrické energie (podle účetních uzávěrek MVE Třinec a. s.). Jelikož je tato vodní elektrárna v provozu od roku 2005, hodnota vyrobeného množství za rok 2009 a dále je tvořena aritmetickým průměrem vyrobeného množství el. energie za poslední 3 roky.

Z hlediska provozních nákladů jejichž roční hodnota činí 100 000 Kč, jsem ve výpočtu zohlednila roční nárůst provozních nákladů ve výši 2,5 %.

Skutečné využití MVE Třinec:

$$362 \text{ kW} * 365 * 24 = \underline{\underline{3171120 \text{ kWh}}}$$

$$1\,681\,533 / 31\,711\,20 = 0,53 * 100 = \underline{\underline{53 \%}}$$

1. Hodnocení lokality:

Porovnáním sumy příjmů a výdajů zjistíme že tato investice je výhodná.

$$49\,892\,400 - 19\,364\,359 = 30\,528\,041 \text{ Kč}$$

2. Doba návratnosti:

Pohledem do tabulky vidíme, že kumulovaný HV je v 10 roku ještě záporný. V roce jedenáctém už hodnota přechází do kladných hodnot. Doba návratnosti této investice tedy bude delší než 10 let a kratší než 11 let.

Doba návratnosti této investice je 10 let a 29 dní.

Doba životnosti MVE je 30 let, ale tato hodnota je považována spíše za spodní hranici, kdy zařízení nebude potřebovat další investice.

3. Čistá současná hodnota:

Čistá současná hodnota je v osmnáctém roce – 38 175 Kč. Teprve v devatenáctém roce již přechází do kladných hodnot a to 386 689 Kč. Čistá současná hodnota v třicátém roce je vyčíslena na 3 544 981 Kč.

Kompletní tabulka s výpočtem hodnot je uvedena v příloze č. 7.

Rozdílné hodnoty výroby elektrické energie po letech jsou způsobeny horšími hydrologickými podmínkami, hlavně nestabilními a kolísavými průtoky řeky Olše.

5 Ekonomika vodních elektráren a legislativní opatření

5.1 Ekonomika provozu

Výkupní ceny

Elektřinu z MVE je možno dodávat do sítě elektrifikační soustavy. Za výkupní ceny jenž předpisuje Energetický regulační úřad. Tyto ceny jsou aktualizovány každý rok. Zákon garantuje, že tato cena nebude změněna po dobu 30 let od uvedení MVE do provozu, popř. od rekonstrukce. V případě výkupních cen má provozovatel distribuční soustavy, nebo přenosové soustavy povinnost od výrobce elektřiny z OZE vykoupit veškerý objem vyrobené elektrické energie z daného zdroje.

Výkupní ceny jsou vypočteny s ohledem na znění § 6 zákona č. 180/2005 Sb. Jsou nastaveny tak, aby za dobu životnosti jednotlivých typů elektráren z OZE byla zaručena patnáctiletá návratnost vložených investic a přiměřený zisk. Tento zákon dále garantuje, že meziroční pokles výkupních cen nebude vyšší než 5 %. Vzhledem k aktuálním výkupním cenám v daném roce. [8]

Průtočné MVE, zde je možno dodávat elektřinu do sítě celý den za jednotnou cenu. U akumulčních MVE, je možno vodu zadržet zde je výhodnější dodávku el. energie rozdělit. Na špičku a mimo špičku. Ve špičce je cena vyšší, protože vodní elektrárna pracuje na plný výkon. Mimo špičku je cena nižší. [1]

Přečerpávací elektrárny nemohou uplatnit nárok na podporu formou výkupních cen, nebo zelených bonusů. A to dle směrnice 2001/77/EC Evropského parlamentu. Do elektřiny vyrobené z OZE nelze zahrnout elektřinu, která byla vyrobena jako výsledek skladovacího systému. Přečerpávací elektrárny jako jediné mohou vyrobenou el. energii skladovat. Výkupní cena této elektřiny závisí na smlouvě, jenž je uzavřena s rozvodným závodem. Tato elektrárna vydělává na rozdílu ceny elektřiny ve špičce a mimo špičku.

Zelené bonusy

Zelený bonus je příplatek k tržní ceně el. energie, který může získat výrobce elektřiny z OZE. Tento systém je zakotven v zákoně č. 180/2005 Sb. Pokud si výrobce el. energie z OZE zvolí režim podpory formou zelených bonusů, prodá el. energii za tržní cenu konečnému zákazníkovi, nebo obchodníkovi s elektřinou. Má právo inkasovat do provozovatele distribuční soustavy zelené bonusy. Výši těchto bonusů v předepisuje

Energetický regulační úřad. Zelené bonusy jsou oproti výkupním cenám zvýhodněny. V jejich výši je zohledněna

zvýšená míra rizika spojená s uplatnění vyrobené el. energie na trhu. Tržní cena, za kterou výrobce elektřinu prodá svému odběrateli, je dána dohodou mezi zúčastněnými stranami, a není tedy stanovena Energetickým regulačním úřadem.

Výhody a nevýhody zelených bonusů. Výrobce může dosáhnout tak vyššího výnosu, než je tomu u výkupních cen. Nevýhodou je určitá míra nejistoty, protože výrobce nemá zaručen 100% odbyt vyrobené elektřiny na trhu. Jak je tomu u výkupních cen.

Rozdíl mezi výkupní cenou a zeleným bonusem. V případě výkupních cen má provozovatel distribuční soustavy povinnost od výrobce odkoupit veškerý objem vyrobené el. energie. U zelených bonusů si výrobce musí svého odběratele zajistit sám a záleží jen na něm kolik odkoupí el. energie.

Výkupní ceny a zelené bonusy nelze kombinovat. Tato skutečnost vyplývá ze zákona č. 180/2005 Sb. Výrobce si jednou ročně zvolí způsob podpory výroby el. energie z OZE.[8]

Tabulka 6: Výkupní ceny elektřiny pro MVE

Datum uvedení do provozu	Výkupní ceny elektřiny dodané do sítě Kč/KWh		
	celodenní	VT	NT
MVE uvedená do provozu v nových lokalitách po 1. lednu 2008 včetně	2,70	3,80	2,15
MVE uvedená do provozu v nových lokalitách od 1. ledna 2006 do 31. prosince 2007	2,54	3,80	1,91
MVE uvedená do provozu po 1. lednu 2005 a rekonstruované MVE	2,30	3,47	1,75
MVE uvedená do provozu před 1. lednem 2005	1,79	2,70	1,33

Zdroj: ERU

Tabulka 7 : Zelené bonusy pro MVE

Datum uvedení do provozu	Zelené bonusy Kč/KWh		
	celodenní	VT	NT
MVE uvedená do provozu v nových lokalitách po 1. lednu 2008 včetně	1,26	1,70	0,89
MVE uvedená do provozu v nových lokalitách od 1. ledna 2006 do 31. prosince 2007	1,10	1,70	0,65
MVE uvedená do provozu po 1. lednu 2005 a rekonstruované MVE	0,86	1,37	0,45
MVE uvedená do provozu před 1. lednem 2005	0,35	0,60	0,075

Zdroj: ERU

„**VT**- pásmo platnosti vysokého tarifu stanovené provozovatelem distribuční soustavy v délce 8 hodin denně

NT- pásmo platnosti nízkého tarifu, platí v době mimo pásmo platnosti VT

Rekonstruovanou MVE se chápe současná výrobní elektrárna, kde byla po 13. srpnu 2002 provedena a dokončena rekonstrukce, nebo modernizace zařízení vedoucí ke zvýšení technické, provozní, bezpečnostní či ekologické úrovně, která je na srovnatelné úrovni s novými elektrárnami.“ [9]

Dotace

Na výstavbu či rekonstrukci MVE lze získat dotace. Dotační podmínky se mění, je nutno sledovat aktuální informace.

Program Obnovitelné zdroje

Jedná se o formu přímých dotací projektů, jejichž cílem je zvýšit využívání OZE pro výrobu el. energie a tepla. Cílem programu je podpora projektů výroby el. energie z OZE, jenž jsou vymezeny vyhláškou č 542/2006 Sb.

Mezi podporované aktivity patří:

- výstavba, obnova nebo rekonstrukce zařízení na využívání OZE
- zavádění technologií výroby a výrobních zařízení s nízkou energetickou náročností a minimálními dopady na ekologii
- kombinovaná výroba elektřiny a tepla využívající k jejich výrobě OZE

O podporu mohou požádat jak osoby fyzické, tak právnické. Výše podpory je stanovena v rozmezí 0,5 mil Kč – 30 mil Kč, tedy do maximální výše 46 % uznatelných nákladů. Specifika a omezení: snížení obsahu CO₂ o 60 t ročně a potvrzení projektu energetickým auditem.[16]

5.2 Legislativa

Jedním ze základních legislativních dokumentů je **energetický zákon 458/2000 Sb.** o podmínkách podnikání a výkonu státní správy v energetických odvětvích. Podnikání v oblasti energetiky zahrnuje: výrobu, distribuci, prodej el. energie, tepla, nebo plynu. Toto je možné pouze na základě udělené licence, jenž uděluje Energetický regulační úřad (ERÚ).

Ústředním orgánem státní správy v oblasti energetiky je Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO). To vydává autorizaci ke stavbě velkých zdrojů el. energie a přímého vedení. Tento zákon dále zřizuje Státní energetickou inspekci, která kontroluje dodržování legislativy. [15,7]

Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření s energií

Zákon stanovuje pravidla pro co nejúspornější využívání energie s ohledem na trvale udržitelný rozvoj. Na základě tohoto zákona je zpracována Státní energetická koncepce. Tj. strategický dokument, který vyjadřuje energetické cíle státu s výhledem na 30 let dopředu. Aktualizován je každých 5 let. Dle této koncepce pak vypracovávají kraje Územní energetické koncepce na období 20 let. Koncepce obsahují hodnocení využitelnosti energetických zdrojů a kombinované výroby elektřiny či tepla. Dále hodnotí dosažené úspory z racionálního využití energií a řeší energetické hospodářství. Naplňování koncepce se vyhodnotí minimálně jednou za 4 roky. [7]

Zákon č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie

„Tento zákon implementuje do právního řádu ČR evropskou směrnici 2001/77/ES. Upravuje způsob podpory výroby el. energie z OZE, výkon státní správy, práva a povinnosti fyzických a právnických osob s tím spojené. Účelem zákona je v zájmu ochrany

životního prostředí vytvořit podmínky pro naplnění indikativního cíle podílu elektřiny z OZE na hrubé spotřebě energie v ČR ve výši 8 % k roku 2010. Vytvořit podmínky pro další zvyšování tohoto podílu i po roce 2010.“[15]

OZE jsou dle tohoto zákona: energie biomasy, bioplynu, kalového plynu, geotermální, půdy, slunečního záření, skládkového plynu, větru, vody vzduchu.

Výrobce vyrábějící el. energii z OZE má právo na přednostní připojení k distribuční, popř. přenosové síti. Tento výrobce musí splňovat podmínky připojení a dopravy elektřiny stanovené zvláštními předpisy.

Vyhláška ERÚ č. 364/2007 Sb. o podpoře využívání obnovitelných zdrojů

Navazuje na zákon č. 180/2005 Sb. Upravuje podrobnosti výběru způsobu podpory elektřiny z OZE, termíny a oznámení záměru nabídnout el. energii k povinnému výkupu a technicko-ekonomické parametry. Tyto parametry jsou rozvrženy pro jednotlivé druhy obnovitelných zdrojů. [3]

Indikativní hodnoty technických a ekonomických parametrů Vodní elektrárny

„1) Předpokládaná životnost nové vodní elektrárny je 30 let

2) Požadavek účinnosti využití zdroje energie: účinnost nově instalovaných turbín v provozním optimu min. 85 % (měřeno na spojce turbíny), u renovací starších typů alespoň 80 %.

3) Měrné investiční náklady a roční využití výkonu zdroje" [3]

Tabulka 8: Měrné investiční náklady a roční využití výkonu zdroje

Celkové měrné investiční náklady Kč/kW_e	Roční využití instalovaného výkonu kWh/ kW_e
< 90 000	> 3700
< 110 000	> 4500
< 130 000	> 5000

Zdroj: Vyhláška ERÚ č. 364/2007 Sb.

6 Ekologické aspekty

Vodní elektrárny patří mezi ekologický čisté zdroje energie. Nezátěžují naše ovzduší kouřem a dalšími škodlivinami, jako např. oxid síry, dusíku. Nedochozí ke kontaminaci podzemních či povrchových vod. Nedevastují krajinu, jako např. těžba uhlí, kdy dochází k trvalému poškození rázu krajiny. Vodní elektrárny neprodukují žádný odpad, či škodliviny

a v porovnání s neobnovitelnými zdroji energie je jejich provoz bezpečný.

Každá kilowat hodina vyrobená VE ušetří přibližně 1 kg uhlí, jenž spotřebuje elektrárna tepelná. Za rok nahradí cca. 3 mil t energetického uhlí. Při plném využití hydropotenciálu by mohlo být toto množství až dvojnásobné. PVE Dlouhé Stráně za každý kilowat svého výkonu ušetří 2,5 t uhlí a 60 kg oxidu siřičitého.

Výstavba vodních elektráren, či vodních nádrží sebou může přinášet nepříznivé důsledky pro okolní krajinu a to zejména zatopení krajiny, zničení biotopu a přírodního rázu, nebo kolísání hladiny toku. Toto je řešeno již v návrhu realizace a úkolem je tyto důsledky eliminovat. [12]

Ekologie provozu mezi diskutované problémy patří: kontaminace vod ropnými produkty. Turbína a některá její další příslušenství (ložiska, čepy, hřídele, uzávěry), jsou v přímém kontaktu s vodou. Funkčnost těchto technologií je odkázána na jejich pohyblivé části a tudíž použití maziv. Ke kontaminaci vody pak může dojít technickou závadou, či nesprávnou manipulací. Dopad provozu na faunu a flóru se projevuje především nedostatkem kyslíku ve vodě. Řešením je aerace, neboli provzdušňování vody pro elektrárnu. Dalším charakteristickým jevem jsou biologické pochody na dně nádrže. Jedná se o řasy, či vyhnívající flóru, kdy usazení těchto nečistot může způsobit snížení kapacity objemu nádrže. Přemnožení řas a sinic může vést ke zhoršené kvalitě vody v nádrži. Ovlivnění hydrologie toku zde se jedná o dodržení sjednaného množství vody, jenž pro provoz VE určuje vodoprávní řízení. Škody mohou nastat u vysoušení přelivných hran jezů. V případě elektráren derivačních, které využívají přirozených průtoků vody může docházet k úhynu ryb, nebo jiné fauny. [13]

Výhody a nevýhody vodních elektráren:

Výhody:

Vodní elektrárny nezatěžují životní prostředí škodlivinami

Provoz vyžaduje minimální obsluhu, lze jej ovládat na dálku z dispečinku

Nízké provozní náklady

Představují špičkový zdroj. Nastartování na plný výkon je možné během několika sekund. Pohotově reagují na okamžitou potřebu el. energie.

Akumulační elektrárny:

Jsou součástí vodních nádrží. Jejich význam nespočívá jen v akumulaci vody pro výrobu el. energie. Nýbrž ve stabilizaci průtoku říčním korytem. Tvoří ochranu před povodněmi a podporují plavební možnosti toku. Nádrže mnohdy tvoří zásobárnu vody, ať už pitné, technologické, nebo vody závlahové. Břehy mohou posloužit jako rekreační oblasti, nebo jako lokality pro rybolov.

Přečerpávací elektrárny:

Tyto elektrárny mají schopnost operativně řešit zvýšenou potřebu el. energie. Jako jediné dokáží skladovat elektrickou energii v čistém stavu.

Nevýhody :

Vysoké investiční náklady spojené s výstavbou

U velký VE bývá se stavbou spojeno zatopení území

VE jsou závislé na stabilních průtocích toku

Přehrady a jezy mohou bránit lodnímu provozu, nutnost vybudovat plavební komory, nebo zdymadla

Posláním vodních elektráren v České republice je pracovat jako doplňkové zdroje klasických elektráren.

7 Využitelný potenciál vodních elektráren v podmínkách ČR

Vodní elektrárny se podílejí na celkovém instalovaném výkonu ČR přibližně 17 %, na výrobu el. energie připadají necelá 4 %. Česká republika má několik tisíc lokalit na vodních tocích a nádržích, které je možno využít pro výrobu el. energie. [5]

Technicky využitelný potenciál našich toků je asi 3 3800 GWh/rok z toho připadá na MVE 1500 GWh/rok. Využitý potenciál MVE je v současné době asi 700 GWh/rok. Na území ČR je v současnosti provozováno cca. 550 malých vodních elektráren. Dnes je potenciál využit zhruba na 50 %, tato hodnota je od r. 2001 upravována. Zřetel je brán hlavně na hydrologické podmínky a využitý spád. Přijatelný odhad počítá s 70 % využitelného potenciálu a 30 % je k dispozici pro využití. Zbývající potenciál má výrazně horší hydrologické podmínky, než potenciál využitý. Tento potenciál je zastoupen lokalitami s velmi nízkými spády, které při daných průtocích vyžadují podstatně vyšší investice. S tím souvisí i delší doba návratnosti investic a snížený zájem investorů. [5,6,13]

V současné době je většina velkých řek v ČR přehrazena a tudíž prostor pro stavbu dalších přehrad je značně omezen. Energetický potenciál velkých vodních elektráren je z hlediska lokalit vyčerpán. Převážná část využitelného potenciálu, který můžeme do budoucna využít připadá na menší toky. Na menších tocích nejsou pro výstavbu velkých vodních elektráren příznivé podmínky. V úvahu tedy připadá rozvoj malých vodních elektráren. Značný počet míst pro výstavbu MVE leží v chráněných krajinných oblastech. Ve stádiu studií je výstavba přečerpávacích vodních elektráren, ale ani ta dosud nemá konkrétní podobu. Elektrárny v nevyužitých lokalitách mohou přispět nejvýše 10 % k současné produkci.. Další mírný nárůst mohou přinést rekonstrukce stávajících elektráren.

Další možnosti využití vodního potenciálu:

Vedle stavby nových vodních elektráren, existují i další možnosti pro získání energie.

- 1) Využití nádrží a rybníků, zde je možnost získat vhodný rozdíl hladin s málo měnícím se spádem. Kde průtočné množství vykazuje jen malé změny.
- 2) Využití vodárenských objektů, které byly vybudovány za účelem zásobárny vody. Zde je možno získat téměř konstantní spády a průtoky bez větších změn a úprav

3) Rekonstrukce stávajících MVE se zastaralou technologií. Modernizací a optimalizací provozu lze získat další potenciál s relativně nízkou investicí. [13]

Celkový počet vodních elektráren v ČR je odhadován na 1330 ks. Z toho je více než 60 % osazeno původní zastaralou technologií. Tyto technologie dosahují z hlediska účinnosti v průměru o 15 % méně, než moderní technologie.

Vodní toky

Na území ČR spadají do správy 5 povodí jsou to povodí: Labe, Moravy, Odry, Ohře, Vltavy.

Od roku 2001 jsou státními podniky. Hydroenergetický potenciál je rozložen i využíván nerovnoměrně, což způsobují hydrologické podmínky na území naší republiky.[13]

Tabulka 9: Technicky využitelný potenciál řek ČR do 10 MW dělený dle povodí

Povodí	Výkon [MW]	Výroba [GWh/rok]
Labe	114	420
Morava	100	250
Odra	56	100
Ohře	78	300
Vltava	164	430
Celkem	512	1500

Zdroj: ČEZ Obnovitelné zdroje 2006

8 Závěr

Tato práce charakterizuje postavení vodních elektráren z hlediska výroby elektrické energie. Cílem bylo analyzovat současný stav využití vodní energie, zhodnotit možný potenciál v České republice a provést ekonomické zhodnocení vodní elektrárny.

Jelikož byl veliký problém se zjištěním údajů o vodních elektrárnách. Zvláště z hlediska investičních nákladů, které jsou strategickou položkou konkurenčního boje. Nepodařilo se mi získat údaje o žádné velké či střední vodní elektrárně. Pro ekonomické zhodnocení vodní elektrárny jsem si vybrala MVE Třinec. Pro výpočet ekonomické efektivnosti jsem zvolila zjednodušenou formu výpočtu. V tomto výpočtu nejsou zohledněny odpisy majetku, úroky z kapitálu a daň z příjmu. Tato vodní elektrárna byla postavena v roce 2005 a tudíž je pět let osvobozena od platby této daně. Zjednodušenou formu výpočtu jsem dále zvolila z důvodu citlivosti poskytnutých údajů.

Z hlediska hodnocení investice, porovnáním sumy příjmů a výdajů, tato vodní elektrárna se jeví jako výhodná investice. Výsledná hodnota činí 30 528 041 Kč. Doba návratnosti této malé vodní elektrárny je 10 let a 29 dní, což se jeví jako pozitivní. Doba životnosti malých vodních elektráren je 30 let a tato hodnota je považována spíše za spodní hranici, po kterou nebudou nutné větší investice do zařízení. Čistá současná hodnota je v roce osmnáctém ještě v záporných hodnotách a to – 38 175 Kč. V devatenáctém roce byla tato hodnota již 386 689 Kč. A v posledním roce je čistá současná hodnota vyčíslena na 3 544 981 Kč.

Rozdílné hodnoty v roční produkci el. energie jsou způsobeny hydrologickými podmínkami. Hlavně nestabilními a kolísavými průtoky řeky Olše. Skutečné využití vodní elektrárny Třinec je i s těmito nestabilními průtoky 53 %. Z celkového pohledu investora se tato investice jeví jako výhodná.

Obnovitelné zdroje jsou do budoucna perspektivní záležitostí. Je třeba zapracovat na dalším vývoji technologií, čímž dojde ke zvýšení účinnosti a výkonu. Náklady spojené s investicí jsou v této době příliš vysoké. Z tohoto důvodu se zdroje obnovitelné nemohou rovnat zdrojům klasickým. Vodní elektrárna instalovaná ve správné lokalitě se může vyrovnat klasickým zdrojům. Přecherčovací vodní elektrárny tyto klasické zdroje předčí. Je všeobecně známo, že se zásoby fosilních paliv tenčí. Je proto potřeba tyto zdroje využívat co nejšetrněji. Právě z této příčiny vzrostl požadavek využívat alternativní zdroje jako doplněk zdrojů klasických.

Vodní elektrárny vyrobily v roce 2007 téměř 90 % veškeré „ekologické“ elektřiny ve skupině ČEZ. Význam vodních elektráren nespočívá jen ve výrobě elektrické energie, ale také ve specifických vlastnostech. Tyto elektrárny jako jedny z mála OZE dokáží velmi pohotově reagovat na okamžitou potřebu elektrické energie. Na plný výkon jsou schopny najet během několika sekund. Přečerpávací elektrárny jsou jediná zařízení, která dokáží skladovat elektřinu v čistém stavu. Funkce akumulacních děl spočívá také ve stabilizaci průtoku korytem řeky, ochraně před povodněmi. Mohou tvořit zásobárnu vody ať už pitné, či závlahové. Neopomenutelný je také ekologický význam, provozem nevznikají žádné odpady, či škodliviny. Každá kilowat hodina vyrobená VE ušetří přibližně 1 kg uhlí, jenž spotřebuje elektrárna tepelná. Za rok 2007 ušetřily vodní elektrárny provozované na území České republiky cca. 3 mil.t energetického uhlí.

Celosvětové prognózy předpokládají, že do roku 2010 se počet energie z obnovitelných zdrojů zdvojnásobí. Vodní elektrárny v ČR budou vykazovat jen mírný nárůst. Tento mírný nárůst je logický z hlediska obsazenosti lokalit. Na všech optimálních lokalitách jsou již vodní elektrárny postaveny. Tudíž pro navýšení počtu elektráren není dostatek vhodných lokalit. Vybudování nových VE bude jen ojedinělé. Ovšem trend rekonstrukcí provozovaných elektráren se zastaralou technologií bude i nadále pokračovat s cílem navýšení výkonu a účinnosti. Využití zbývajících potenciálů představuje výstavba cca. 100 MW instalovaného výkonu. Tento potenciál připadá na malé vodní elektrárny s výrazně horšími hydrologickými podmínkami.

Největší výkon vodních elektráren je instalován na Vltavské kaskádě 750 MW. Vltavskou kaskádu tvoří celkem 9 přehrad. V skupině do výkonu 10 MW je provozováno cca. 1350 vodních elektráren jejichž roční produkce činí 77 MW. V České republice jsou 3 přečerpávací elektrárny jejich roční produkce činí 47 MW. Dle dalších prognóz by se měla výroba el. energie z MVE zvýšit do roku 2010 na roční produkci 130 MW. Při nynějším využití to představuje navýšení instalovaného výkonu na 340 MW. Z hlediska obsazenosti a výhodnosti lokalit, lze uvažovat už jen s využitím malých vodních toků. Tyto toky mají horší hydrologické podmínky a jejich průměrný instalovaný výkon nepřevyší 200 kW. Jednalo by se tedy o nejméně 800 nových, nebo zrekonstruovaných jednotek.

Seznam použité literatury a zdrojů

- [1] Abeceda malých vodních pohonů, *Vodní turbíny*, [online]. Dostupný z www: <http://mve.energetika.cz>
- [2] Beranovský, J. *Metody hodnocení vhodnosti výtěžnosti obnovitelných zdrojů energie*. vyd. EkoWaTT [online]. 2001. Dostupné z www: <http://www.ekowatt.cz/cz/publikace>
- [3] Czech RE Agency. Česká agentura pro obnovitelné zdroje energie [online] *Obnovitelné zdroje energie legislativa*, [cit. 2008-03-02]. Dostupný z www: http://www.czrea.org/files/pdf/zakony/364_2007_Sb.pdf
- [4] ČEZ. *Princip vodní elektrárny* [online]. [cit. 2008-12-11] Dostupný z www: <http://www.cez.cz/cs/energie-a-zivotni-prostredi/energie-z-obnovitelnych-zdroju/voda/flash-model-jak-funguje-vodni-elektrarna.html>
- [5] Doc. RNDr. Miroslav Cenek, CSc. a kolektiv: *Obnovitelné zdroje energie*, vydání: FFC PUBLIC, 208 str., ISBN: 80-901985-8-9
- [6] EA - Energetická Agentura Zlínského kraje o.p.s, *Vodní energie* [online]. dostupné z <http://www.eazk.cz/energie-vody/cs/>
- [7] EA - Energetická Agentura Zlínského kraje o.p.s. *Legislativa*, [online], [cit. 2007-03-10]. Dostupné z: <http://www.eazk.cz/zakon-c-4582000-sb/cs/>
- [8] Energetický regulační úřad, často kladné dotazy [online]. dostupný z www: http://eru.cz/dias-read_article.php?articleId=683
- [9] Energetický regulační úřad, *Cenové rozhodnutí č.8/2008*. [online]. [cit. 2009-01-26] dostupný z www: http://eru.cz/user_data/files/cenova%20rozhodnuti/CR%20elektro/OZ/CR_8-2008_OZE-KVET-DZ.pdf

- [10] Encyklopedie energetiky. [online]. dostupná z [www:](http://www.simopt.cz/energyweb/web/index.php?display_page=2&subitem=1&ee_chapter=4.2.1)
http://www.simopt.cz/energyweb/web/index.php?display_page=2&subitem=1&ee_chapter=4.2.1
- [11] Gabriel Pavel, Čihák František, Kalandra Petr, *Malé vodní elektrárny*. ČVUT, 1998, 321 str., ISBN: 251214-2306/2000
- [12] Holata, Miroslav. *Malé vodní elektrárny-projektování a provoz*. Academika, 2002, 271 str., ISBN: 80-200-0828-4
- [13] Ing. Motlík Jan, Csc., *Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v ČR*. vydání ČEZ, a. s., 2007, 186 str., ISBN: 978-80-239-8823-9 [cit.2009-01-19]
- [14] Jiříček, I. *Vodní energie*, 2005, [online], [cit.2008-12-09], dostupné z [www:](http://www.vscht.cz/ktt/zdrene/4.0_Vodn%ED_energie.pdf)
http://www.vscht.cz/ktt/zdrene/4.0_Vodn%ED_energie.pdf
- [15] Kloz, Martin a kol. *Využívání obnovitelných zdrojů energie právní předpisy s komentářem*. Praha: Linde, 2007. 511 stran. ISBN 978-80-7201-670-9 [cit. 2009-02-03]
- [16] Ministerstvo průmyslu a obchodu, *Program obnovitelné zdroje*, [online]. dostupný z [www:](http://www.mpo.cz/dokument21405.html) <http://www.mpo.cz/dokument21405.html>
- [17] Prof. Ing. Kaminský Jaroslav, CSc, Ing. Vrtek Mojmír, *Obnovitelné zdroje energie*, Ostrava: VŠB TUO, 1998, 96 str., ISBN: 80-7078-445-8
- [18] Synek, Miloslav a kol. *Manažerská ekonomika. - 3., přeprac. a aktualiz. vyd.* Praha: Grada Publishing, 2003. 466 s. ISBN 80-247-0515-X
- [19] Vodní turbíny. [online] Dostupný z [www:](http://vodniturbiny.cz) <http://vodniturbiny.cz>
- [20] *Vodní turbíny I.*, VUT Brno, [online], Dostupný z [www:](http://www.elektrarny.xf.cz/vyuziti.pdf) <http://www.elektrarny.xf.cz/vyuziti.pdf>

Seznam tabulek:

Tabulka 1: Přehled vodních elektráren provozovaných Skupinou ČEZ.....	20
Tabulka 2: Trend výroby elektřiny ve vodních elektrárnách.....	21
Tabulka 3: Přehled měrných nákladů malých vodních elektráren.....	23
tabulka 4: Základní údaje lokality	24
Tabulka 5: Čistá současná hodnota MVE.....	25
Tabulka 5: Výkupní ceny elektřiny pro MVE	28
Tabulka 6 : Zelené bonusy pro MVE.....	29
Tabulka 7: Měrné investiční náklady a roční využití výkonu zdroje	31
Tabulka 8: Technicky využitelný potenciál řek ČR do 10 MW dělený dle povodí	35

Seznam obrázků:

Obrázek 1: Oběžné kolo turbíny	13
Obrázek 2: Oběžné kolo Kaplanovy turbíny	13
Obrázek 3: Roční odtoková závislost	15

Seznam příloh:

Příloha č. 1	Přehled MVE na území ČR
Příloha č. 2	Mapa vodních elektráren na území ČR
Příloha č. 3	Trend výroby elektřiny ve vodních elektrárnách Hrubá výroba el. energie v závislosti na instalovaném výkonu
Příloha č. 4	Průměrné srážky v ČR v závislosti na výrobě el. energie VE
Příloha č. 5	Schémata vodních turbín
Příloha č. 6	Schémata vodních elektráren
Příloha č. 7	Ekonomické zhodnocení MVE Třinec a. s.
Příloha č. 8	Obrázky vodních elektráren